



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03004023.2

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:
Application no.: 03004023.2
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 24.02.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

ELMOS Semiconductor AG
Heinrich-Hertz-Strasse 1
44227 Dortmund
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Widerstandswerts eines elektrischen Bauelements und elektrische Schaltung mit einer derartigen Vorrichtung

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G01R17/10

Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT SE SI SK TR LI

~~THIS PAGE BLANK (USPTO)~~
~~THIS PAGE BLANK (USPTO)~~

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Hi/rs 030088ep

24. Februar 2003

**Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Widerstandswerts
eines elektrischen Bauelements und elektrische Schaltung mit
einer derartigen Vorrichtung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung des (unbekannten) Widerstandswerts eines elektrischen Bauteils, dessen Widerstandswert zwischen einem (bekannten) Maximalwert und einem (bekannten) Minimalwert liegt. Ferner betrifft die Erfindung eine elektrische Schaltung mit
5 einer zuvor erwähnten Vorrichtung.

Sofern elektrische oder elektromechanische Systeme eine Stromvermessung erfordern, wird diese üblicherweise so durchgeführt, dass der zu messende Strom über einen Shunt-Widerstand geführt wird. Der dabei entstehende
10 Spannungsabfall kann messtechnisch ermittelt und bei bekanntem Widerstandswert in einen Strom umgerechnet werden. Erforderlich ist also die genaue Kenntnis des Widerstandswerts des Shunt-Widerstands. Shunt-Widerstände sind jedoch kostenintensiv und unterliegen relativ hohen Fertigungstoleranzen. Zu dem sind oftmals Montageprobleme zu lösen. Schließlich
15 ist der Widerstandswert eines Shunt-Widerstands temperaturabhängig.

Von daher ist es von Vorteil, wenn man für die Stromvermessung in einem elektrischen oder elektromechanischen System den Spannungsabfall über einem in diesem Systems vorhandenen Bauelement nutzen kann. Diesbezüglich
20 gilt es aber zu bedenken, dass der Widerstandswert eines derartigen Bauteils innerhalb eines an sich bekannten Widerstandswertbereichs liegen kann. Von daher ist es also erforderlich, den Widerstandswert des Bauelements vor Aufnahme der bestimmungsgemäßen Nutzung des elektrischen oder elektromechanischen Systems zu bestimmen, wobei der einzig bekannte Parameter

- 2 -

darin zu sehen ist, dass der mögliche Minimal- und der mögliche Maximalwert für den Widerstand des betreffenden elektrischen Bauelements bekannt ist.

5 Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung des Widerstandswerts eines elektrischen Bauelements anzugeben, von dem lediglich der maximal mögliche und der minimal mögliche Widerstandswert bekannt sind.

10 Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung des Widerstandswerts eines elektrischen Bauelements vorgeschlagen, dessen Widerstandswert zwischen einem bekannten Maximal- und einem bekannten Minimalwert liegt, und zwar mit Hilfe einer Messbrücke.

Es handelt sich hierbei um ein Verfahren zur Bestimmung des Widerstandswert
15 R_x eines elektrischen Bauelements, dessen Widerstandswert R_x zwischen einem bekannten Maximalwert $R_{x\text{MAX}}$ und einem bekannten Minimalwert $R_{x\text{MIN}}$ liegt, mit Hilfe einer Messbrücke, in deren ersten Brückenweig das Bauelement und ein bekannter Referenzwiderstand R_R geschaltet sind und in deren zweiten Brückenweig drei jeweils bekannte Widerstände R_1 , R_2 , R_3 geschaltet
20 sind, wobei der erste Brückenweig einen Widerstandsverbindungspunkt K_1 zwischen dem Referenzwiderstand R_R und dem Bauelement aufweist und der zweite Brückenweig einen ersten Widerstandsverbindungspunkt K_2 zwischen dem mit dem Bauelement verbundenen ersten Widerstand R_1 und dem zweiten Widerstand R_2 sowie einen zweiten Widerstandsverbindungspunkt K_3 zwischen
25 dem zweiten Widerstand R_2 und dem mit dem Referenzwiderstand verbundenen dritten Widerstand R_3 aufweist und wobei die Werte des Referenzwiderstandes R_R des ersten Brückenweiges und der drei Widerstände R_1 , R_2 , R_3 des zweiten Brückenweiges derart gewählt sind, dass (i) das Potential des Widerstandsverbindungspunkt K_1 des ersten Brückenweiges gleich dem Potential des ersten Widerstandsverbindungspunktes K_2 des zweiten Brückenweiges
30 ist, wenn das Bauelement seinen Minimalwiderstandswert $R_{x\text{MIN}}$ aufweist, und (ii) das Potential des Widerstandsverbindungspunktes K_1 des ersten Brücken-

- 3 -

zweiges gleich dem Potential des zweiten Widerstandsverbindungspunkts K_3 des zweiten Brückenzeiges ist, wenn das Bauelement seinen Maximalwiderstandswert R_{XMAX} aufweist, wobei bei dem Verfahren

- durch beide Brückenzeige der Messbrücke ein Messstrom I_T fließt, und
- 5 - anhand der Verhältnisse der Differenzspannungen zwischen den Widerstandsverbindungspunkten K_1, K_2, K_3 , anhand des Minimalwiderstandswertes R_{XMIN} und anhand des Maximalwiderstandswertes R_{XMAX} der aktuelle Widerstandswert R_X des Bauelements ermittelt wird.

- 10 Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind jeweils in den Unteransprüchen 2 bis 12 angegeben.

- Eine Vorrichtung, mit der sich das zuvor beschriebene Verfahren durchführen lässt, ist in Anspruch 13 angegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Vor-
- 15 richtung sind in den Ansprüchen 14 bis 23 angegeben.

- Bei der erfindungsgemäßen Bestimmung des Widerstandswerts eines elektrischen Bauelements wird eine Messbrücke eingesetzt, deren Aufbau ähnlich dem einer Wheatstonschen Messbrücke ist, jedoch mit der Ausnahme, dass
- 20 keiner der Widerstände veränderbar ist. In dem ersten der beiden Brückenzeige dieser Messbrücke befindet sich neben dem Bauelement, dessen Widerstand bestimmt werden soll, ein bekannter Referenzwiderstand. Im zweiten Brückenzeig der Messbrücke befindet sich eine Reihenschaltung von drei bekannten Widerständen. Die Werte der bekannten Widerstände der Messbrücke
- 25 werden so, wie oben beschrieben, festgelegt. Die erfindungsgemäße Messbrücke ist in Fig. 1 wiedergegeben. Vom zu bestimmenden Widerstand R_X ist lediglich bekannt, dass dieser zwischen R_{XMIN} und R_{XMAX} liegt. Nachdem der Referenzwiderstand R_R des ersten Brückenzeiges und einer der drei Widerstände des zweiten Brückenzeiges, in diesem Fall der Widerstand R_3 vorgegeben
- 30 worden sind, lassen sich die Werte für die Widerstände R_1 und R_2 aus den nachfolgend genannten beiden Gleichungen errechnen:

- 4 -

$$R_{XMAX} / (R_R + R_{XMAX}) = (R_1 + R_2) / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{XMIN} / (R_R + R_{XMIN}) = R_1 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

5

Eine derart dimensionierte Messbrücke lässt sich nun beim Einprägen eines Teststroms I_T dazu verwenden, den Widerstandswert von R_x , also den Widerstandswerts eines elektrischen Bauelements zu bestimmen. Dazu werden die Differenzspannungen zwischen den Knotenpunkten K_1 und K_2 , K_1 und K_3 bzw. K_2 und K_3 messtechnisch ermittelt. Zwei dieser Differenzspannungen müssen ermittelt werden, um daraus den Widerstandswert von R_x ermitteln zu können (zum Beispiel gemäß Dreisatz).

Ist beispielsweise die Spannungsdifferenz zwischen den Knotenpunkten K_1 und K_2 gleich 0 Volt, so ist der Wert des Widerstandes R_x gleich seinem Minimalwert. Ist dagegen die Differenzspannung zwischen den Knotenpunkten K_1 und K_3 gleich 0 Volt, so ist der Wert des Widerstandes R_x gleich dem Maximalwert. Bei Differenzspannungswerten zwischen den Knotenpunkten K_1 und K_2 bzw. K_1 und K_3 von ungleich 0 Volt, ist der Wert des Widerstandes R_x gleich dem entsprechenden Prozentualanteil des Maximal- bzw. Minimalwerts.

Auf die oben beschriebene Weise lässt sich also der Wert des Widerstandes R_x , das heißt der Widerstandswert eines elektrischen Bauelements messtechnisch bestimmen, wenn von dem Bauelement lediglich bekannt ist, dass sein Widerstandswert zwischen einem bekannten Maximal- und einem bekannten Minimalwert liegt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es also möglich, für eine Strommessung innerhalb eines elektrischen oder elektronischen bzw. elektromechanischen Systems als Shunt-Widerstand ein Bauelement dieses Systems zu nutzen, von dem lediglich der maximal zulässige Widerstandswertebereich bekannt ist. Bei dem damit verwendbaren Bauelement kann es sich dann also beispielsweise um einen Verpolschutztransistor oder auch einen eine Last schaltenden Transistor (Highside- bzw. Lowside-Schalter) handeln, von

- 5 -

dem der Minimal- und der Maximalwert des EIN-Widerstandes bekannt ist. Aber auch jedes andere einen Ohmschen Anteil aufweisende Bauelement, das heißt auch ein Widerstand ist als zu vermessendes Bauelement verwendbar.

5 Im Regelfall sind die erfindungsgemäß als Ersatz für einen Shunt-Widerstand verwendbaren elektrischen Bauelemente einer Schaltung, wie beispielsweise ein Verpolschutztransistor oder eine Last schaltender Transistor temperaturabhängig, was ihren EIN-Widerstand angeht. Es ist daher zweckmäßig, das zuvor beschriebene erfindungsgemäße (Kalibrier-)Verfahren dann durchzuführen,
10 wenn sich die Temperatur des als Shunt-Widerstand verwendeten Bauelements verändert. Die Temperaturermittlung kann messtechnisch durch einen Temperatursensor erfolgen. Alternativ ist es aber auch möglich, anhand der elektrischen Belastungen, insbesondere anhand des das elektrische Bauelement durchfließenden Stromes, auf die thermische Belastung und damit auf
15 die Erwärmung des elektrischen Bauelements rückzuschließen. Eine weitere Möglichkeit der Widerstandsbestimmung des temperaturabhängigen elektrischen Bauelements besteht darin, dass Kalibrierverfahren zyklisch nach Ablauf jeweils einer Zeitspanne durchzuführen, d.h. den zu bestimmenden Widerstandswert jeweils aktuell zu bestimmen.

20

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen:

25 Fig. 1 die nach der Erfindung vorgesehene Widerstands-Messbrücke und

Fig.2 bis 4 unterschiedliche Varianten einer erfindungsgemäßen Schaltung zur Vermessung der Ohmschen Widerstände von Transistoren der Schaltung bzw. eines Widerstandes der Schaltung, die während der Applikation der Strommessung dienen.
30

Ein erstes Ausführungsbeispiel eines elektrischen bzw. elektromechanischen Systems 10, bei dem für die Strommessung im Betrieb ein Bauelement des

- 6 -

Systems 10, in diesem Fall ein Verpolschutztransistor verwendet wird, der zuvor erfindungsgemäß vermessen worden ist, ist in Fig. 2 dargestellt. Das System 10 umfasst eine elektrische Schaltung, mit der in diesem Ausführungsbeispiel Highside- und Lowside-Schalter 12, 14 angesteuert werden, die ihrerseits eine Last 16 treiben. Die Highside- und Lowside-Schalter 12, 14 werden über eine Steuereinheit 18 angesteuert. Im Energieversorgungspfad des Laststromkreises 20 befindet sich ein Verpolschutztransistor 22, von dem in Fig. 2 das Ersatzschaltbild bestehend aus einem Schalter 24, einem EIN-Widerstand 26 und einer zu beiden parallel geschalteten Diode 28 dargestellt ist. Auch der Verpolschutztransistor 22 wird über die Steuereinheit 18 angesteuert.

Erfindungsgemäß wird nun dieser Verpolschutztransistor 22 bzw. genauer gesagt sein EIN-Widerstand 26 (nachfolgend auch mit R_x bezeichnet) für die Strommessung verwendet. Dazu wird von einem Strommessverstärker 30 der Spannungsabfall über dem EIN-Widerstand R_x erfasst und mittels eines mit dem Ausgang des Verstärkers 30 verbundenen A/D-Wandlers 32 der Steuereinheit 18 zugeführt. Bei bekanntem Wert für den EIN-Widerstand R_x kann dann anhand des gemessenen Spannungsabfalls der Strom errechnet werden. Während der Applikation verbindet also der Schalter 34 zwischen dem Strommessverstärker 30 und dem A/D-Wandler 32 beide Einheiten (siehe gestrichelte Linie in Fig. 2).

Der Schaltzustand des Schalters 34 wird ebenfalls über die Steuereinheit gesteuert, was in Fig. 2 jedoch nicht dargestellt ist. Um nun den EIN-Widerstand R_x , dessen Minimalwert und dessen Maximalwert bekannt sind, dessen exakter Wert jedoch unbekannt ist, vermessen zu können, ist die zuvor beschriebene Schaltung des Systems 10 um die nachfolgend aufgeführten Bauteile und Schaltungskomponenten ergänzt. Hier ist zunächst einmal die Einbindung des Verpolschutztransistors 22 in eine abgewandelte Widerstandsmessbrücke 36 zu nennen. Dabei ist in Reihe mit dem EIN-Widerstand R_x ein Referenzwiderstand R_R geschaltet. Parallel zu dieser Reihenschaltung aus Referenzwiderstand R_R und Verpolschutztransistors 22 geschaltet ist eine weitere Widerstandsreihenschaltung, die die drei Widerstände R_1 , R_2 und R_3 umfasst. Der erste Brü-

- 7 -

ckenzweig der Messbrücke 36 umfasst also den Referenzwiderstand R_R und den Verpolschutztransistor 22, während der zweite Brückenweig 40 die drei Widerstände R_1 , R_2 und R_3 umfasst. Zwischen den einzelnen Widerständen ergeben sich dann die Knoten- bzw. Widerstandsverbindungspunkte K_1 , K_2 und K_3 .

Zur Einprägung eines Mess- bzw. Kalibrierstroms in die Messbrücke 36 dient die Einheit 42, die entweder als Stromquelle 44 ausgebildet ist oder einen Schalter 46 aufweist, bei dessen Schließen über einen Widerstand 48 Strom in die Messbrücke 36 eingeprägt wird. Die Aktivierung des Kalibrierstroms erfolgt durch die Steuereinheit 18.

Darüber hinaus bedarf es für die Vermessung des EIN-Widerstandes R_x noch eines Differenzverstärkers 50, der über einen vorgeschalteten Multiplexer 52 wahlweise die Differenzspannungen zwischen den Widerstandsverbindungspunkten K_1 und K_2 , K_1 und K_3 bzw. K_2 und K_3 ermittelt. Das Ausgangssignal des Differenzverstärkers 50 wird der Steuereinheit 18 über den A/D-Wandler 32 zugeführt. Hierfür nimmt der Schalter 34 seine in Figur 2 in durchgezogener Linie dargestellte Schaltposition an.

Die Fig. 3 und 4 zeigen zwei zum System 10 gemäß Fig. 2 alternative Konzepte, bei denen gemäß Fig. 3 ein Lowside-Schalter als Shunt-Widerstand für die Strommessung und in Fig. 4 ein Ohmscher Widerstand als Shunt-Widerstand verwendet wird. Der grundsätzliche Aufbau dieser beiden Alternativsysteme 10' und 10'' ist jedoch der gleiche wie anhand von Fig. 2 beschrieben.

Für sämtliche Varianten gilt bezüglich der Dimensionierung der noch festzulegenden Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und R_R der Widerstandsmessbrücke 36 unter Bezugnahme auf das im Zusammenhang mit der Beschreibung von Fig. 1 gesagte Folgendes.

- 8 -

Die einzigen festliegenden Größen der Widerstandsmessbrücke 36 sind der Maximal- und der Minimalwert R_{XMAX} und R_{XMIN} des Widerstandes R_X .

5 Zunächst werden nun der Widerstandswert für den Widerstand R_R sowie der Kalibrierstrom festgelegt. Beide Parameter sind so zu wählen, dass sich die während der Kalibration ergebende Spannung am Widerstandsverbindungspunkt K_3 am oberen Rand des durch den Differenzverstärker 50 verarbeitbaren Spannungsbereich befindet.

10 Danach wird die Summe der Widerstände ($R_1 + R_2 + R_3$) festgelegt. Diese Summe kann durchaus recht hochohmig sein, wobei wichtig ist, dass Eingangsströme des Strommessverstärkers 30 vernachlässigbar bleiben.

Die Berechnung der Werte für die Widerstände R_1 und R_2 erfolgt dann durch
15 Auflösung der zuvor genannten Gleichungen, wobei gilt:

$$R_1 = R_{XMIN} \times (R_1 + R_2 + R_3) / (R_R + R_{XMIN})$$

$$R_2 = R_{XMAX} \times (R_1 + R_2 + R_3) / (R_R + R_{XMAX}) - R_1$$

20

$$R_3 = (R_1 + R_2 + R_3) - R_1 - R_2$$

Nachdem auf die zuvor beschriebene Weise die Dimensionierung der Widerstände der Messbrücke 36 erfolgt ist, wird nun die Vermessung des Widerstandes R_X durchgeführt.
25

Hierzu wird ein Kalibrierstrom I_T in die Widerstandsmessbrücke 36 eingeprägt. Dies erfolgt alternativ entweder durch Schließen des Schalters 46, wodurch über den Referenzwiderstand R_R und den Verpolenschutztransistor 22 (Fig. 2) ein
30 definierter Kalibrierstrom fließt. Alternativ kann der Kalibrierstrom auch mittels einer Stromquelle 44 der Einheit 42 erzeugt werden. Ein vernachlässigbar geringer Anteil des Kalibrierstroms wird über den zweiten Brückenzweig 40 der Messbrücke 36 geführt. Dieser zweite Brückenzweig 40 generiert die Minimal-

- 9 -

und Maximalreferenzen des zu vermessenden Widerstandes R_x , wie oben erläutert ist.

Über den Differenzverstärker 50 mit schaltbarem Eingangs-Multiplexer 52 können nun folgende vier Messungen durchgeführt werden:

- a) $\Delta U(K_1 - K_2)$
- b) $\Delta U(K_3 - K_1)$
- c) $\Delta U(K_3 - K_2)$
- 10 d) $\Delta U(K_1 - K_1)$ zum Offset-Abgleich

Varianten d.1) Offsets können direkt mit der Messtechnik ermittelt werden, sofern der Differenzverstärker 50 und der A/D-Wandler 32 negative wie positive Spannungsdifferenzen verarbeiten können

15 d.2) Der Differenzverstärker 50 erhält designseitig einen typisch-positiven Offset (damit ist dieser immer messbar, auch bei nur unipolar arbeitendem A/D-Wandler 32)

20 Zur Minimierung von Fehlern durch Nichtlinearitäten des Differenzverstärkers 50 und des A/D-Wandlers 32 (insbesondere im Bereich kleiner Eingangsspannungen) sollten zweckmäßigerweise folgende Verfahren angewendet werden:

1. Es werden alle vier möglichen Messungen 3)a bis 3d) durchgeführt.
- 25 2. Von allen vier Messwerten wird der Offset $\Delta U(K_1 - K_1)$ subtrahiert.
3. Es wird ermittelt, welcher der beiden Messwerte a) oder b) der größere ist.
4. Mit diesem größeren Wert wird per Dreisatz ermittelt, bei wieviel Prozent zwischen unterer Referenz (K_2) und oberer Referenz (K_3) die Spannung
- 30 an K_1 gemessen wurde.

- 10 -

4.a) Wenn $\Delta U(K_3 - K_1) > \Delta U(K_1 - K_2)$
$\Delta U \% = 100 \times \Delta U(K_3 - K_2) - \Delta U(K_3 - K_1) / \Delta U(K_3 - K_2)$

4.b) Wenn $\Delta U(K_3 - K_1) < \Delta U(K_1 - K_2)$
$\Delta U \% = 100 \times \Delta U(K_1 - K_2) / \Delta U(K_3 - K_2)$

Die absoluten Spannungen, bezogen auf VSS-Potential, sind hierbei unwichtig. Daher ist weder ein exakter Kalibrierstrom noch ein exakter Verstärkungsfaktor notwendig. Beide Parameter müssen nur über die drei Messungen hinweg konstant bleiben.

5. Aus der prozentualen Angabe $\Delta U \%$ lässt sich nun ebenfalls per Dreisatz der zu bestimmende Widerstand R_x errechnen. Im Spannungsteiler entspricht das Verhältnis der Widerstandswerte dem Verhältnis der an den Widerständen abfallenden Spannungen. Es gilt also:

$$R_x = R_{XMIN} + \Delta U \% \times (R_{XMAX} - R_{XMIN}) / 100$$

Die Werte R_{XMAX} und R_{XMIN} sind dem System bekannt. Sie stellen das obere Ende und untere Ende des messbaren Widerstandsbereichs dar und werden vom Entwickler festgelegt.

Der Steuereinheit 18 ist nun der Widerstandswert R_x der als Shunt genutzten Struktur bekannt.

Fließt nun in der laufenden Applikation ein Strom durch diesen Shunt R_x , so wird der Spannungsabfall über den Strommessverstärker 30 an den A/D-Wandler 32 und die Steuereinheit 18 übertragen. Diese kann nun aus dem Spannungsabfall und dem bekannten Widerstandswert R_x die Stromaufnahme der Applikation errechnen.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bestimmung des Widerstandswert (R_x) eines elektrischen Bauelements (22), dessen Widerstandswert (R_x) zwischen einem bekannten Maximalwert ($R_{x\text{MAX}}$) und einem bekannten Minimalwert ($R_{x\text{MIN}}$) liegt, mit Hilfe einer Messbrücke (36), in deren ersten Brückenweig (38) das Bauelement (22) und ein bekannter Referenzwiderstand (R_R) geschaltet sind und in deren zweiten Brückenweig (40) drei jeweils bekannte Widerstände (R_1 , R_2 , R_3) geschaltet sind,
 - wobei der erste Brückenweig (38) einen Widerstandsverbindungspunkt (K_1) zwischen dem Referenzwiderstand (R_R) und dem Bauelement (22) aufweist und der zweite Brückenweig (40) einen ersten Widerstandsverbindungspunkt (K_2) zwischen dem mit dem Bauelement (22) verbundenen ersten Widerstand (R_1) und dem zweiten Widerstand (R_2) sowie einen zweiten Widerstandsverbindungspunkt (K_3) zwischen dem zweiten Widerstand (R_2) und dem mit dem Referenzwiderstand verbundenen dritten Widerstand (R_3) aufweist und
 - wobei die Werte des Referenzwiderstandes (R_R) des ersten Brückenweiges (38) und der drei Widerstände (R_1 , R_2 , R_3) des zweiten Brückenweiges (40) derart gewählt sind, dass (i) das Potential des Widerstandsverbindungspunkt (K_1) des ersten Brückenweiges (38) gleich dem Potential des ersten Widerstandsverbindungspunktes (K_2) des zweiten Brückenweiges (40) ist, wenn das Bauelement (22) seinen Minimalwiderstandswert ($R_{x\text{MIN}}$) aufweist, und (ii) das Potential des Widerstandsverbindungspunktes (K_1) des ersten Brückenweiges (38) gleich dem Potential des zweiten Widerstandsverbindungspunktes (K_3) des zweiten Brückenweiges (40) ist, wenn das Bauelement (22) seinen Maximalwiderstandswert ($R_{x\text{MAX}}$) aufweist,
 - wobei bei dem Verfahren
 - durch beide Brückenweige (38,40) der Messbrücke (36) ein Messstrom (I_T) fließt und
 - anhand der Verhältnisse der Spannungsdifferenzen zwischen den Widerstandsverbindungspunkten (K_1 , K_2 , K_3) sowie anhand des

- 12 -

Mimimalwiderstandswertes (R_{XMIN}) und des Maximalwiderstandswerts (R_{XMAX}) der aktuelle Widerstandswert (R_X) des Bauelements (22) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (22) ein Transistor ist und dass der zu bestimmende Widerstand (R_X) der EIN-Widerstand (26) des Transistors ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Transistor ein Verpolschutztransistor (22) oder ein eine Last schaltender Transistor einer elektrischen Schaltung ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (22) ein Widerstand ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren von einer Ansteuereinheit (18) automatisch nach dem Einschalten einer Versorgungsspannung (VDD) durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren automatisch bei Änderung der Temperatur des Bauelements (22), dessen Widerstandswert (R_X) zu bestimmen ist, durchgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchführung des Verfahrens nach Änderung der Umgebungstemperatur des elektrischen Bauelements (22) oder durch Eigenerwärmung des elektrischen Bauelements (22) aufgrund von elektrischer Belastung erfolgt, welche durch Strommessung ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zyklisch nach Ablauf jeweils einer gewissen Zeitspanne durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenzspannungen direkt messtechnisch ermittelt werden, und zwar vorzugsweise mit Hilfe eines Differenzverstärkers (50).
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenzspannungen durch Subtraktion von Einzelspannungen zwischen den Widerstandsverbindungspunkten (K_1 , K_2 , K_3) und einem gemeinsamen Bezugspotential ermittelt werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelspannungen vor der Subtraktion verstärkt werden oder dass die sich aus der Subtraktion der Einzelspannungen ergebende Differenzspannungen verstärkt werden.
12. Vorrichtung zur Bestimmung des Widerstandswert eines elektrischen Bauelements (22), dessen Widerstand R_x zwischen einem bekannten Maximalwert (R_{xMAX}) und einem bekannten Minimalwert (R_{xMIN}) liegt, mit
 - einer Messbrücke (36), in deren ersten Brückenweig (38) das Bauelement (22) und ein bekannter Referenzwiderstand (R_R) geschaltet sind und in deren zweiten Brückenweig (40) drei jeweils bekannte Widerstände (R_1 , R_2 , R_3) geschaltet sind,
 - wobei der erste Brückenweig (38) einen Widerstandsverbindungspunkt (K_1) zwischen dem Referenzwiderstand (R_R) und dem Bauelement (22) aufweist und der zweite Brückenweig (40) einen ersten Widerstandsverbindungspunkt (K_2) zwischen dem mit dem Bauelement (22) verbundenen ersten Widerstand (R_1) und dem zweiten Widerstand (R_2) sowie einen zweiten Widerstandsverbindungspunkt (K_3) zwischen dem zweiten Widerstand (R_2) und dem mit dem Referenzwiderstand verbundenen dritten Widerstand (R_3) aufweist und
 - wobei die Werte des Referenzwiderstandes (R_R) des ersten Brückenweiges (38) und der drei Widerstände (R_1 , R_2 , R_3) des zweiten Brückenweiges (40) derart gewählt sind, dass (i) das Potential des Widerstandsverbindungspunkts (K_1) des ersten Brückenweiges (38)

- 14 -

gleich dem Potential des ersten Widerstandsverbindungspunktes (K_2) des zweiten Brückenweiges (40) ist, wenn das Bauelement (22) seinen Minimalwiderstandswert (R_{XMIN}) aufweist, und (ii) das Potential des Widerstandsverbindungspunktes (K_1) des ersten Brückenweiges (38) gleich dem Potential des zweiten Widerstandsverbindungspunktes (K_3) des zweiten Brückenweiges (40) ist, wenn das Bauelement (22) seinen Maximalwiderstandswert (R_{XMAX}) aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (22) ein Transistor ist und dass der zu bestimmende Widerstand (R_X) der EIN-Widerstand (26) des Transistors ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Transistor ein Verpolschutztransistor (22) oder ein lastschaltender Transistor einer elektrischen Schaltung ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (22) ein Widerstand ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (32, 50, 52) zur Vermessung der Differenzspannungen zwischen den Widerstandsverbindungspunkten (K_1 , K_2 , K_3).
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch einen Multiplexer (52) zum wahlweisen Weiterleiten einer der Messspannungen an eine Spannungsmesseinrichtung (50).
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Vermessen von Einzelspannungen zwischen jeweils den Widerstandsverbindungspunkten (K_1 , K_2 , K_3) und einem gemeinsamen Bezugspotential und zur Subtraktion von jeweils zwei gemessenen Einzelspannungen.

- 15 -

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, gekennzeichnet durch einen A/D-Wandler (32) zur Messung der Spannungen.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch einen Umschalter (34) am Eingang des A/D-Wandlers (32) zur Nutzung des A/D-Wandlers (32) einerseits für Spannungsmessungen und andererseits für Messungen des Stroms durch das elektrische Bauelement (22), dessen Widerstandswert (R_x) zu bestimmen ist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, gekennzeichnet durch eine zentrale Steuereinheit (18) zum Steuern einzelner Komponenten der Vorrichtung.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, gekennzeichnet durch einen Temperatursensor zur Erfassung der Umgebungstemperatur des elektrischen Bauelements (22), dessen Widerstandswert (R_x) zu bestimmen ist.
23. Elektrische Schaltung mit einer Vorrichtung zur Bestimmung des Widerstandswertes (R_x) eines elektrischen Bauelements (22) dieser Schaltung nach einem der Ansprüche 12 bis 22 zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Widerstandswerts eines elektrischen Bauelements und elektrische Schaltung mit einer derartigen Vorrichtung

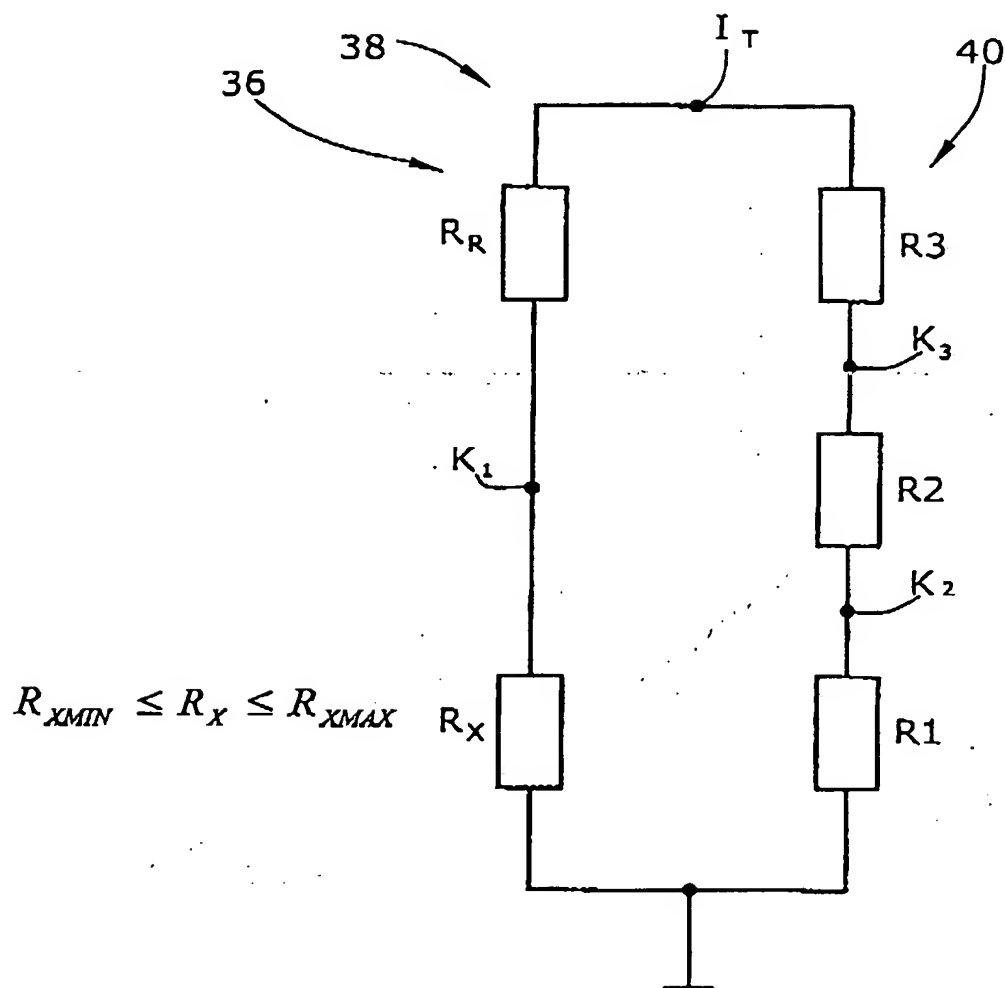
Verfahren zur Bestimmung des Widerstandswert (R_X) eines elektrischen Bauelements (22), dessen Widerstandswert (R_X) zwischen einem bekannten Maximalwert (R_{XMAX}) und einem bekannten Minimalwert (R_{XMIN}) liegt, wird eine Messbrücke (36) verwendet, in deren ersten Brückenweig (38) das Bauelement (22) und ein bekannter Referenzwiderstand (R_R) geschaltet sind und in deren zweiten Brückenweig (40) drei jeweils bekannte Widerstände (R_1 , R_2 , R_3) geschaltet sind.

Der erste Brückenweig (38) weist einen Widerstandsverbindungspunkt (K_1) zwischen dem Referenzwiderstand (R_R) und dem Bauelement (22) auf und der zweite Brückenweig (40) einen ersten Widerstandsverbindungspunkt (K_2) zwischen dem mit dem Bauelement (22) verbundenen ersten Widerstand (R_1) und dem zweiten Widerstand (R_2) sowie einen zweiten Widerstandsverbindungspunkt (K_3) zwischen dem zweiten Widerstand (R_2) und dem mit dem Referenzwiderstand verbundenen dritten Widerstand (R_3).

Die Werte des Referenzwiderstandes (R_R) des ersten Brückenweiges (38) und der drei Widerstände (R_1 , R_2 , R_3) des zweiten Brückenweiges (40) sind derart gewählt, dass (i) das Potential des Widerstandsverbindungspunktes des ersten Brückenweiges (38) gleich dem Potential des ersten Widerstandsverbindungspunktes (K_1) des zweiten Brückenweiges (40) ist, wenn das Bauelement (22) seinen Minimalwiderstandswert (R_{XMIN}) aufweist, und (ii) das Potential des Widerstandsverbindungspunktes (K_1) des ersten Brückenweiges (38) gleich dem Potential des zweiten Widerstandsverbindungspunktes (K_3) des zweiten Brückenweiges (40) ist, wenn das Bauelement (22) seinen Maximalwiderstandswert (R_{XMAX}) aufweist.

(Fig. 1)

- 1/4 -



$$\frac{R_{XMAX}}{R_R + R_{XMAX}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$\frac{R_{XMIN}}{R_R + R_{XMIN}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Fig.1

- 2/4 -

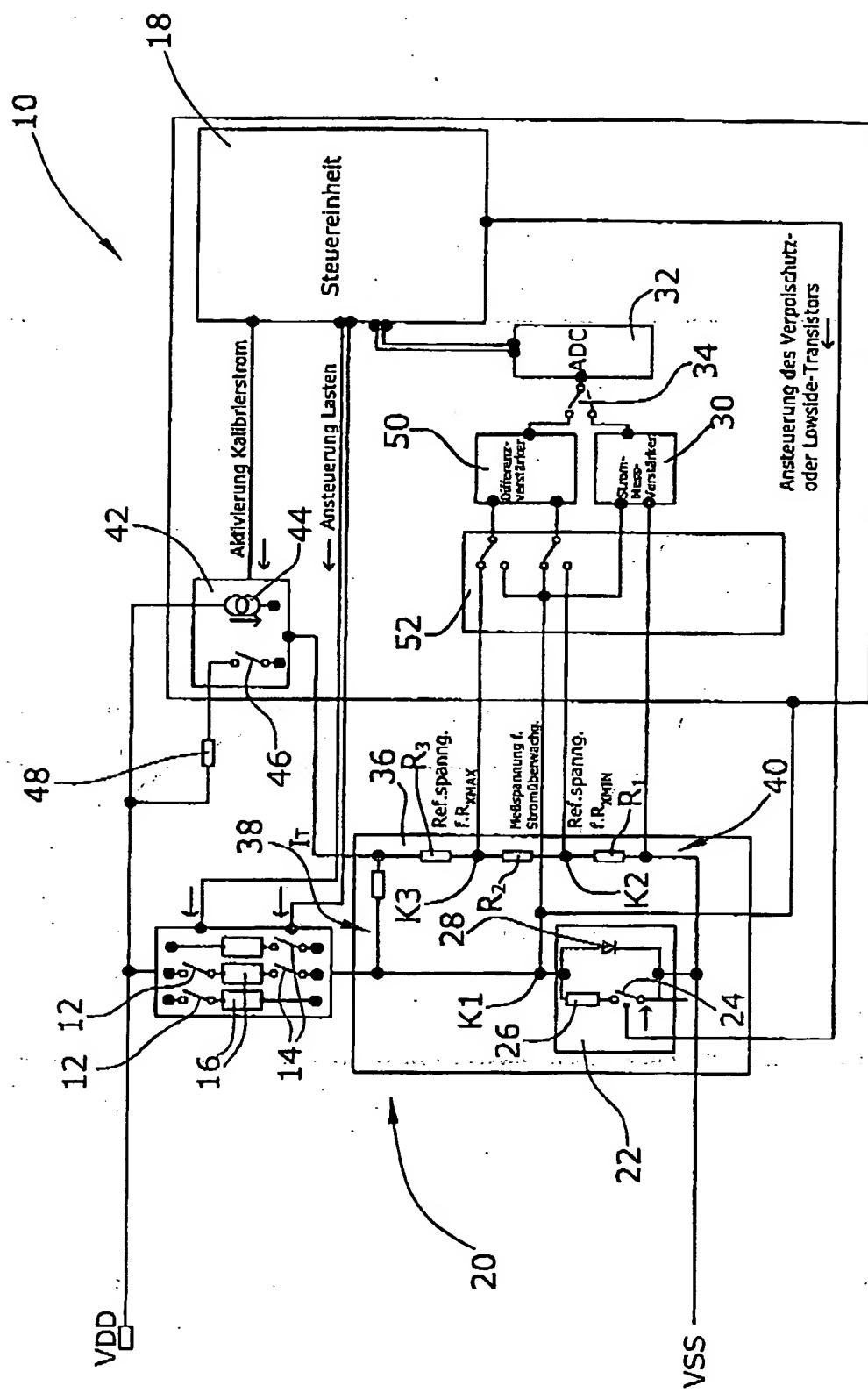


Fig. 2

- 3/4 -

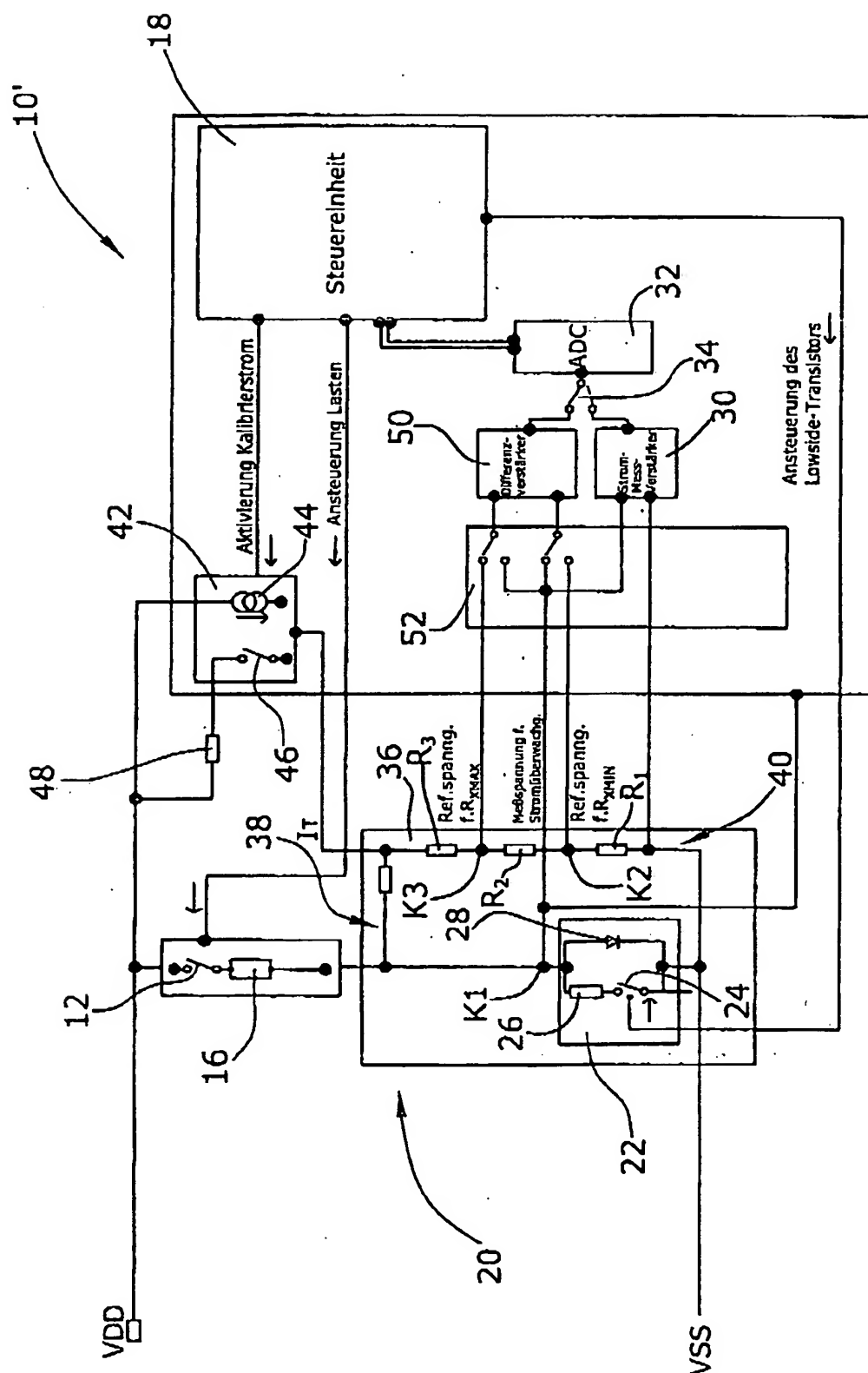


Fig. 3

- 4/4 -

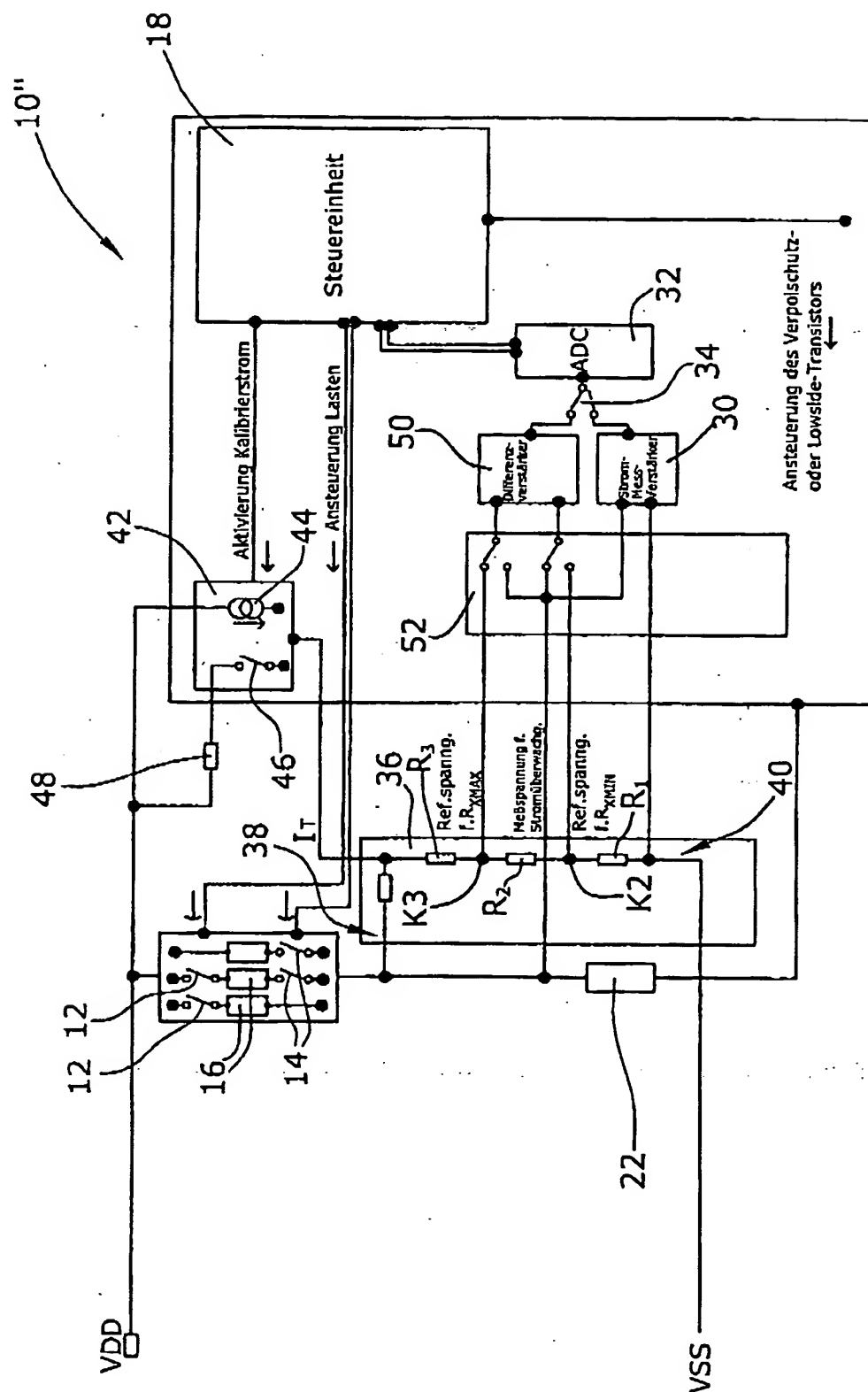


Fig. 4